

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:

SU-HWAN OH, ET AL.

Application No.:

Filed:

For: **Widely Tunable Sampled-Grating
Distributed Feedback Laser Diode**

Art Group:

Examiner:

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

REQUEST FOR PRIORITY

Sir:

Applicant respectfully requests a convention priority for the above-captioned application, namely:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>DATE OF FILING</u>
Korea	10-2003-0030777	15 May 2003

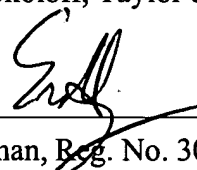
☒ A certified copy of the document is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

Blakely, Sokoloff, Taylor & Zafman LLP

Dated: 6/23/03

12400 Wilshire Boulevard, 7th Floor
Los Angeles, CA 90025
Telephone: (310) 207-3800


Eric S. Hyman, Reg. No. 30,139



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0030777
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 05월 15일
Date of Application MAY 15, 2003

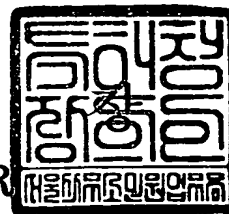
출원인 : 한국전자통신연구원
Applicant(s) Electronics and Telecommunications Research Inst



2003 년 10 월 22 일

특 허 청

COMMISSIONER





【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2003.05.15
【발명의 명칭】	광대역 파장 가변 추출 격자 분포 궤환 레이저 다이오드
【발명의 영문명칭】	WIDELY TUNABLE SAMPLED-GRATING DISTRIBUTED FEEDBACK LASER DIODE
【출원인】	
【명칭】	한국전자통신연구원
【출원인코드】	3-1998-007763-8
【대리인】	
【명칭】	특허법인 신성
【대리인코드】	9-2000-100004-8
【지정된변리사】	변리사 정지원, 변리사 원석희, 변리사 박해천
【포괄위임등록번호】	2000-051975-8
【발명자】	
【성명의 국문표기】	오수환
【성명의 영문표기】	OH, Su Hwan
【주민등록번호】	680212-1901813
【우편번호】	305-503
【주소】	대전광역시 유성구 송강동 한마을아파트 112-102
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	박문호
【성명의 영문표기】	PARK, Moon Ho
【주민등록번호】	591015-1817510
【우편번호】	305-345
【주소】	대전광역시 유성구 신성동 한울아파트 111-501
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이지면
【성명의 영문표기】	LEE, Ji Myon
【주민등록번호】	710310-1386921

【우편번호】	305-503
【주소】	대전광역시 유성구 송강동 한솔아파트 103-303
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이철욱
【성명의 영문표기】	LEE,Chul Wook
【주민등록번호】	670813-1674015
【우편번호】	305-503
【주소】	대전광역시 유성구 송강동 199 송강그린아파트 308-301
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김기수
【성명의 영문표기】	KIM,Ki Soo
【주민등록번호】	720202-1480716
【우편번호】	560-849
【주소】	전라북도 전주시 완산구 풍남동3가 23-14
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	고현성
【성명의 영문표기】	KO,Hyun Sung
【주민등록번호】	660521-1068339
【우편번호】	302-120
【주소】	대전광역시 서구 둔산동 1380-1 아너스빌 617호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	박상기
【성명의 영문표기】	PARK,Sahng Gi
【주민등록번호】	641221-1777616
【우편번호】	302-781
【주소】	대전광역시 서구 만년동 상록수아파트 102-308
【국적】	KR

**【발명자】**

【성명의 국문표기】 정영철
【성명의 영문표기】 CHUNG, Young ChuI
【주민등록번호】 590120-1932111
【우편번호】 139-923
【주소】 서울특별시 노원구 중계1동 양지대림아파트 101-1103
【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 김수현
【성명의 영문표기】 KIM, Su Hyun
【주민등록번호】 731017-1047712
【우편번호】 122-050
【주소】 서울특별시 은평구 갈현동 321-11 용궁빌라 301호
【국적】 KR

【심사청구】

청구

【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인
 특허법인 신성 (인)

【수수료】

【기본출원료】	20 면	29,000 원
【가산출원료】	13 면	13,000 원
【우선권주장료】	0 건	0 원
【심사청구료】	12 항	493,000 원
【합계】		535,000 원
【감면사유】	정부출연연구기관	
【감면후 수수료】	267,500 원	

【기술이전】

【기술양도】 희망
【실시권 허여】 희망
【기술지도】 희망

【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)_1통

**【요약서】****【요약】**

본 발명은 종래의 파장 가변 레이저 다이오드 구조에 비해 간단한 구조로 구성되어 제작 및 대량생산에 유리하고, 높은 광 효율과 광대역 파장 가변(30nm이상)이 가능한 구조의 파장 가변 레이저 다이오드를 제공하기 위한 것으로, 이를 위해 본 발명은 추출 격자 주기가 서로 다른 두개의 SG-DFB(Sampled Grating Distributed Feedback) 구조부로 구성되고 각 구조부의 추출 격자 사이에 위상 제어 영역이 삽입된 파장가변 SG-DFB 레이저 다이오드를 제공한다. 본 발명의 SG-DFG 레이저 다이오드는 각 SG-DFB 구조부에 구비되는 위상 제어영역의 굴절률 변화에 따라 연속적 혹은 불연속적으로 광대역 파장가변이 가능하며, 종래의 파장 가변 레이저 다이오드에 비해 간단한 구조를 가지면서 출력 광 효율이 우수한 이점을 지닌다.

【대표도】

도 3

【색인어】

파장 가변 레이저 다이오드, 추출격자, 회절격자, SG-DFB, 활성층.

**【명세서】****【발명의 명칭】**

광대역 파장 가변 추출 격자 분포 궤환 레이저 다이오드{WIDELY TUNABLE SAMPLED-GRATING DISTRIBUTED FEEDBACK LASER DIODE}

【도면의 간단한 설명】

도1a는 종래 기술에 의한 것으로, 발진되는 레이저의 파장을 가변할 수 있는 추출격자 분포 브래그 반사 반도체 레이저 다이오드의 개략적인 구성도.

도1b는 도1a에 도시된 레이저 다이오드의 SG-DBR 영역에 구비되는 회절격자 개념도.

도1c는 도1a에 도시된 레이저 다이오드에서의 SG-DBR 영역의 반사 스펙트럼을 개략적으로 도시한 도면.

도2a는 다른 종래 기술에 의한 것으로, 격자주기가 변조된 브래그 반사단의 회절격자 개념도.

도2b는 도2a에 도시된 회절격자에 의한 반사 스펙트럼을 개략적으로 도시한 도면.

도3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 파장가변 추출격자 분포궤환 레이저 다이오드를 나타내는 단면도.

도4a는 통상적인 분포궤환 레이저 다이오드의 회절격자 개념도.

도4b는 도4a에 도시된 분포궤환 반도체 레이저의 회절격자에 의한 반사 스펙트럼을 개략적으로 도시한 도면.



도5a는 도3에 도시된 레이저 다이오드에서 제1 영역과 제2 영역에서의 위상 제어영역의 굴절률 변화가 없었을 경우 각 영역에서의 반사스펙트럼을 나타내는 개념도.

도5b는 도3에 도시된 레이저 다이오드에서 제1 영역과 제2 영역중 한쪽 영역에서의 위상 제어영역의 굴절률이 변화하였을 경우 각 영역에서의 반사 스펙트럼을 나타내는 개념도.

도5c는 도3에 도시된 레이저 다이오드에서 제1 영역의 위상 제어영역과 제2 영역의 위상 제어영역의 굴절률을 같은 크기로 변화시켰을 경우 각 영역에서의 반사스펙트럼을 나타내는 개념도.

도6은 전산 모의 실험을 통해 도3에 도시된 레이저 다이오드에서 제1 영역 또는 제2 영역의 위상제어 영역의 굴절률을 변화시켰을 경우 발진 파장의 변화를 도시한 그래프.

도7은 도3에 도시된 추출격자 분포궤환 레이저 다이오드 입체도면.

도8은 본 발명의 바람직한 제2 실시예에 따른 추출격자 분포궤환 레이저 다이오드를 나타내는 단면도.

* 도면의 주요부분에 대한 설명 *

30 : n형 InP 기판 31 : p형 InP 클래드층

32 : InGaAsP 도파로층 33 : 다중양자 우물 활성층

34a : 제1 주기의 추출격자 34b : 제2 주기의 추출격자

35a : 제1 위상제어영역 35b : 제2 위상제어영역

36 : 무반사 코팅면

37a : 제1 이득영역 전극 37b: 제2 이득영역 전극

38a : 제1 위상제어용 전극 38b : 제2 위상제어용 전극

39 : n형 전극 41 : n형 InP 전류차단층

42 : p형 InP 전류차단층

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

- <25> 본 발명은 반도체 레이저 다이오드에 관한 것으로, 특히 추출격자의 특성을 이용하여 광 대역으로 파장을 가변 할 수 있는 추출격자 분포궤환 레이저 다이오드에 관한 것이다.
- <26> 통신을 통해 전송되는 정보의 양이 급격히 늘어나면서, 전송 용량을 높이기 위한 방법으로 파장 분할 방식의 광신호 전송이 사용되고 있다. 이 방식은 다른 색깔을 가지는 광파 사이의 비 간섭성을 이용하여 하나의 광섬유를 통해 서로 다른 파장(채널)의 광신호를 전송하여 결과적으로 전송속도를 증가시키는 것이다. 파장 분할 방식의 광신호 전송은 광통신 시스템의 확장성과 유연성을 보장하는데 유리하다. 이러한 파장분할 방식의 광신호 전송을 위해서는 여러 파장대의 고정된 파장의 레이저 다이오드나 파장을 가변할 수 있는 레이저 다이오드가 필요하다.
- <27> 또한, 파장 가변 레이저 다이오드는 종래의 파장 고정 레이저 다이오드에 비해 여러 이점을 지니는데, 시스템 유지, 보수를 위한 백업용 광원의 수를 줄일 수 있으며, 동적으로 파장을 제공할 수 있을 뿐만 아니라 네트워크 제어 소프트웨어를 단순화할 수 있다. 이러한 이점으로 인해 파장가변 레이저 다이오드는 가입자 네트워크에서 메트로 네트워크, 장거리 네트워크

에 이르기 까지 모든 응용 영역에서의 광 네트워크 개발에 필수적인 소자로까지 인식되고 있다.

<28> 파장 가변 레이저 다이오드는 여러 응용영역에서 요구하는 사양을 만족하기 위해서는 고효율(> 10mW), C-band 전체에 대한 파장 가변(>32nm), 빠른 파장 가변(>10ns), 고속 직접변조(> 2.5Gbps) 및 대량 생산이 가능해야 한다.

<29> 현재까지 개발되거나 제안된 대표적인 파장 가변 레이저 다이오드는 추출 격자 분포 브래그 반사(Sampled grating distributed Bragg reflector : SG-DBR) 레이저 다이오드, 주기적으로 격자 주기가 변조된 브래그 반사기(Super-Structure Grating Distributed Bragg Reflector: SSG-DBR) 레이저 다이오드, 추출 격자 반사기화 결합된 격자 도움 양방향성 결합기(Grating-Assisted Codirectional-coupler with Sampled grating Reflector : GCSR) 레이저 다이오드 등이 있다.

<30> 이하 첨부된 도면을 참조하여 종래 기술에 의한 대표적인 여러 파장 가변 레이저 다이오드에 대해 설명한다.

<31> 도1a는 미국특허 제4,896,325호에 기재된 추출 격자 분포 브래그 반사(Sampled grating distributed Bragg reflector : SG-DBR) 레이저 다이오드의 구조와 제어회로를 개략적으로 도시한 도면이다.

<32> 도1a에 도시된 SG-DBR 레이저 다이오드는 파장 가변을 위해 레이저 다이오드의 양단의 SG-DBR 영역(11,14), 광파가 생성되는 이득 영역(12) 및 위상 조절 영역(13)의 총 4개 영역으로 구성되어 있다. 그리고, 이러한 SG-DBR 레이저 다이오드에서 출력되는 레이저의 파장을 가변시키기 위해서는 연속적인 파장 가변을 위한 버니어 제어 회로(Vernier control circuit : 17), 불

연속적인 파장 이동을 위한 오프셋 제어 회로(Offset control circuit : 18), 위상영역의 위상 제어 회로(Phase control circuit: 16) 및 이득 제어회로(Gain control circuit : 15)등의 외부 제어 회로가 필요하다.

- <33> 이와 같은 SG-DBR 레이저 다이오드의 기본 동작 원리는 다음과 같다. 이득영역(12)에 전류를 인가시키면 자발 방출에 의해서 넓은 파장에 걸쳐 분포된 광파가 생성된다. 이러한 광파를 양단의 SG-DBR 영역에 의해서 특정한 파장의 광파만이 레이저 다이오드 내에서 공진이 가능하게 하여 그 파장에서 레이저 다이오드가 발진하도록 한다.
- <34> 여기서 도1a에 도시된 SG-DBR 영역에는 도1b와 같은 추출격자(Sampled Grating) 구조가 형성되어 있다. 이러한 추출격자에 의해 도1c와 같은 반사 스펙트럼 특성을 가지게 된다. 반사 스펙트럼의 중심 피크의 파장은 회절격자 주기(Λ)에 의해서 결정되는 브래그 파장(λ_B)이고 각 피크치를 가지는 파장간의 간격은 추출격자의 주기(Z)에 의해서 결정된다. 즉 서로 다른 주기를 가지는 추출격자의 SG-DBR영역(11,14)을 양단에 집적시키어, SG-DBR 영역(11,14)의 반사 스펙트럼의 피크들 중 일치하는 피크의 파장에서 레이저 다이오드가 발진하게 된다.
- <35> 그리고 SG-DBR 영역(11,14)의 굴절률을 전류 등에 의해 변화 시키면, 반사 스펙트럼의 각 피크는 파장간의 간격을 유지한 채 이동하게 된다. 이러한 반사 피크의 이동으로 인해 일치하는 반사 피크의 파장이 바뀌게 되어 발진 파장을 가변 할 수 있게 된다. 위상 조절 영역(13)은 SG-DBR에 의해 생성된 이득 영역(12)의 종축 모드(Longitudinal mode)간의 간격을 조절하여 연속적인 파장가변이나 반사 피크에 종축 모드를 일치시켜 발진 파장의 파워를 극대화 시키는 역할을 한다. 이러한 원리로 양단의 SG-DBR 영역(11, 14)과 위상 조절영역(13)의 굴절률을 전류에 의해 적절히 조절함으로써 연속적/불연속적인 파장 가변이 가능하다.



- <36> 그러나, 이러한 SG-DBR 레이저 다이오드는 파장 가변을 하기 위해서 양단의 SG-DBR 영역의 굴절률과 위상 영역의 굴절률을 변화 시켜야 하므로 이 소자를 제어하기 위한 외부 회로가 복잡해지고 파장 가변을 위해 양단에 집적된 SG-DBR 영역에서 발생하는 손실에 의해 출력 광 효율이 낮아지는 구조적인 한계가 있다.
- <37> 이러한 구조적인 한계를 극복하기 위해 반도체 광증폭기(Semiconductor Optical Amplifier : SOA)를 집적 시켜서 출력 광 파워를 높여 주는 연구가 활발히 진행되고 있지만, 레이저 다이오드의 구조가 더 복잡하게 되어 제작상 어려움이 존재하는 문제점이 발생한다.
- <38> 도2a는 출력되는 레이저의 파장을 가변할 수 있는 격자주기가 변조된 브래그 반사 (SSG-DBR) 레이저 다이오드의 회절격자 개념도이고, 도2b는 도2a에 도시된 회절격자에 의한 생성되는 반사 스펙트럼을 개략적으로 도시한 도면이다. 이하에서는 또 다른 대표적인 파장 가변 레이저 다이오드인 SSG-DBR 레이저 다이오드를 도2a 및 도2b를 참조하여 설명한다.
- <39> SSG-DBR 레이저 다이오드는 미국특허 제5,325,392호에 기재되었다. SSG-DBR 레이저 다이오드는 기본적으로 도1에 도시된 SG-DBR 레이저 다이오드와 유사한 구조와 원리로 동작한다. 즉, 도1에서 SG-DBR 영역 대신에 SSG-DBR 영역이 구비되는 것이다.
- <40> 도2a에 나타낸 그림과 같이 파장 가변을 위한 구비되는 회절격자의 구조는 SG-DBR과 달리 일정한 주기로 회절격자를 공간 변조 시킨 구조이다. 이러한 회절격자의 공간 변조에 의해서 반사 스펙트럼은 도2b와 같은 특성을 지니게 된다. 각 반사 피크의 간격은 주기(Z)에 의해서 결정되고 각각의 반사 피크 크기는 회절격자 공간 변조에 의해서 정해진다.
- <41> 그러나, SSG-DBR 레이저 다이오드는 넓은 파장 가변 영역을 가지고 있으며, 파장 가변에 따라 비교적 일정한 출력 광파워를 낼 수 있지만, SG-DBR 레이저 다이오드와 마찬가지로 양단의

SSG-DBR 영역에서 손실이 발생하고, 복잡한 회절 격자 구조로 인해 제작상 많은 어려움을 가질 수 있는 문제점이 있다.

<42> 상술한 파장 가변 레이저 다이오드 외에도 종래기술에 의한 파장 가변 레이저 다이오드로는 GCSR 레이저 다이오드와 파장 가변 쌍유도(Tunable twin-guide)레이저 다이오드 등이 있다. 그러나 이러한 구조의 레이저 다이오드는 제작하기 위해 재성장(Re-growth)과 식각(Etching)을 반복해야 하기 때문에, 제작이 어렵고 대량생산에 적합하지 못한 문제점이 있다.

<43> 즉, 종래 기술의 파장 가변 레이저 다이오드는 구조가 복잡하거나, 출력 광효율이 낮으며, 파장 가변 제어가 복잡하다는 단점들을 가지고 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<44> 본 발명은 상기의 문제점을 해결하기 위해 제안된 것으로, 종래의 파장 가변 레이저 다이오드 구조에 비해 간단한 구조로 구성되어 제작 및 대량생산에 유리하고, 높은 광 효율과 광 대역 파장 가변(30nm이상)이 가능한 구조의 파장 가변 레이저 다이오드를 제공하는 것을 목적으로 한다.

【발명의 구성 및 작용】

<45> 상기의 문제점을 해결하기 위하여 본 발명은 인접하는 제1 이득영역과 제2 이득영역을 구비하는 추출격자 분포회환 파장가변 레이저 다이오드에 있어서, 상기 제1 이득영역에 제1 주기를 가지는 제1 추출격자가 형성되고, 상기 제1 추출격자 사이에 제1 위상제어 영역이 형성된 제1 SG-DFB 구조부; 및 상기 제2 이득영역에 제2 주기를 가지는 제2 추출격자가 형성되고 상

기 제2 추출격자 사이에 제2 위상제어 영역이 형성된 제2 SG-DFB 구조부를 구비하며, 상기 제1 및 제2 위상제어 영역의 굴절률 변화에 따라 발진하는 레이저의 파장이 가변되는 추출격자 분포제한 레이저 다이오드를 제공한다.

<46> 또한, 본 발명은 서로 인접한 제1 영역과 제2 영역을 가지는 기판; 상기 기판상의 상기 제1 영역과 상기 제2 영역에 형성된 도파로층; 상기 도파로층 내부에 형성되며, 복수의 위상제어영역을 두기 위해 소정 간격마다 구비된 다중 양자 우물 활성층; 제1 주기를 가지며 상기 위상제어영역이 추출격자 사이에 형성된 제1 추출격자 영역; 제2 주기를 가지며 상기 위상제어영역이 추출격자 사이에 형성된 제2 추출격자 영역; 상기 도파로층상에 구비된 클래드층; 상기 제1 영역의 상기 클래드층 상에 형성되며, 상기 위상제어영역에 전류를 제공하기 위한 제1 위상제어용 전극; 상기 제2 영역의 상기 클래드층 상에 형성되며, 상기 위상제어영역에 전류를 제공하기 위한 제2 위상제어용 전극; 상기 제1 영역의 상기 클래드층 상에 형성되며, 상기 위상제어영역 이외의 도파로층에 전류를 제공하기 위한 제1 이득영역용 전극; 및 상기 제2 영역의 상기 클래드층 상에 형성되며, 상기 위상제어영역 이외의 도파로층에 전류를 제공하기 위한 제2 이득영역용 전극을 구비하여, 발진하는 레이저의 파장을 가변할 수 있는 추출격자 분포제한 레이저 다이오드를 제공한다.

<47> 전술한 바와 같이 형성된 SG-DFB 레이저 다이오드에서 제1 주기의 추출격자와 제2 주기의 추출격자 사이에 형성되는 위상제어 영역의 굴절률을 변화시켜 발진하는 파장이 연속적 또는 불연속적으로 가변할 수 있는 것이다. 이 때 기판은 n형 InP 기판, 도파로층은 InGaAsP계열, 상부 클래드층은 p형 InP이 가능하다.

<48> 바람직하게는, 제1 주기의 추출격자와 제2 주기의 추출격자에 구비되는 위상제어 영역은 전류의 인가에 의해 굴절률이 변화되도록 구성한다. 또한 필요에 따라 전술한 SG-DFB 파장 가



변 반도체 레이저 다이오드는 하나의 반도체 기판에 광변조기나 광증폭기 등을 함께 집적하여 구성될 수도 있다.

<49> 이하, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 정도로 상세히 설명하기 위하여, 본 발명의 가장 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 설명하기로 한다. 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하며 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다.

<50> 도3은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따라 발진되는 레이저의 파장을 가변할 수 있는 추출격자 분포궤환(Sampled Grating Distributed FeedBack, 이하 SG-DFB라 함) 반도체 레이저 다이오드의 개략적인 구성도이다.

<51> 본 실시예에 따른 SG-DFB 파장가변 레이저 다이오드의 가장 큰 특징은 도3에 도시된 바와 같이 제1 및 제2 영역 각각의 활성층사이에 제1 및 제2 위상제어 영역(35a,35b)이 삽입되고 제1 주기(Z_0)를 가지는 제1 추출격자(34a)와, 제2 주기(Z'_0)를 가지는 제2 추출격자(34b)를 서로 다른 2개의 제1 영역 및 제2 영역(제1 및 제2 SG-DFB 구조부)에 집적시킨 것이다.

<52> 본 실시예에 따른 SG-DFB 레이저 다이오드는 제1 영역과 제2 영역에 구비되는 위상제어 영역(35a,35b)의 굴절률을 변화시킴으로서 출력되는 레이저의 파장을 연속적/불연속적으로 넓은 범위(30nm이상)로 가변이 가능하게 된다.

- <53> 먼저 제1 영역(제1 SG-DFB 구조부)을 살펴보면, 하부 클래드층으로 이용되는 n형 InP 기판(30)상에 제1 주기(Z_0)를 가지는 제1 추출 격자(34a)가 형성되고, 그 상부에 InGaAsP 도파로층(32)이 형성되어 있고, InGaAsP 도파로층(32) 내부에 제1 위상제어 영역(35a)과 이득영역이 되며 다중 양자 우물 구조등이 가능한 활성층(33)이 형성되어 있다. 그리고 상부 클래드층으로 이용되는 p형 InP 클래드층(31)이 그 위에 형성되어 있다. p형 InP 클래드층(31) 상부에는 전극들이 형성되는데, 제1 위상제어 영역(35a) 상부에는 제1 위상제어용 전극(38a)이 형성되고, 이득 영역이 되는 활성층(33) 상부에는 제1 이득 영역용 전극(37a)이 형성된다.
- <54> 또한, n형 InP 클래드층(30) 하부에 n형 전극(39)이 형성되고, 반도체 레이저 다이오드의 양쪽 단면에는 무반사 박막(36)이 형성되어 있다.
- <55> 한편, 제2 영역(제2 SG-DFB)은 제1 영역과 전체적으로 같은 구성을 가지나, 다중 양자 우물 구조등이 가능한 활성층(33)의 사이 사이에는 제2 위상제어 영역(35b)이 구현된다.
- <56> 또한, 제2 영역의 활성층(33) 하단에 형성된 제2 주기(Z'_0)를 가지는 제2 추출격자(34b)는 제1 영역의 활성층(33) 하단에 형성된 제1 추출격자(34a)의 주기(Z_0)는 다르게 형성된다. 또한 제1 추출격자의 회절주기(Λ)와 제2 추출격자의 회절주기(Λ)는 도시된 바와 서로 같게 형성한다.
- <57> 여기서 제1 영역과 제2 영역의 이득 영역인 활성층(33)과, 위상제어 영역(35a, 35b)은 예컨대 InGaAsP 계열의 물질로 구현가능하며, 두 영역에서의 밴드갭은 다를 수 있다. 예를 들어 제1 영역과 제2 영역의 이득 영역인 활성층(33)은 $1.55\mu\text{m}$ 의 밴드갭 파장을 갖는 InGaAsP, 위상제어 영역(35a, 35b)은 $1.3\mu\text{m}$ 의 밴드갭 파장을 갖는 InGaAsP로 구현가능하다.

- <58> 도4a는 통상적인 분포배환(Distributed FeedBack, 이하 DFB라 함) 레이저 다이오드의 회절격자 개념도이고, 도4b는 도4a에 도식된 분포배환 반도체 레이저의 회절격자에 의한 반사 스펙트럼을 개략적으로 도식한 도면이다. 먼저 도4a와 도4b를 참조하여 DFB 레이저 다이오드의 동작에 대해 살펴본다.
- <59> 반도체 레이저의 이득 영역에서는 외부에서 인가되는 전류에 의한 자발 방출 (Spontaneous emission)에 의해 광파를 발생시킨다. 이렇게 발생된 광파는 매질의 특성에 의해 결정되는 특정한 파장을 중심으로 넓은 파장 영역에 걸쳐 에너지가 분포되어 있다. 넓게 분포된 광파의 에너지를 특정한 파장에 에너지가 집중되는 광파로 생성하기 위해서는 유도 방출 (Stimulated emission)에 의해 광파를 발생시켜야 한다. 유도방출은 자발방출에 의해서 생성된 광파에 의해서 발생되고, 이렇게 생성된 광파는 레이저 다이오드 내부에서 공진을 통해서 증폭되어 발진하게 되는 것이다.
- <60> 공진이 되는 조건은 레이저 다이오드의 유효 반사율의 특성으로 결정되어진다. 즉, 유효 반사율이 가장 높은 파장에서 레이저 다이오드는 발진하며 주변 모드에 해당하는 파장의 유효 반사율과 차이가 클수록 단일 모드로 발진하게 된다. 또한 유효 반사율 스펙트럼 피크들의 위치변화를 통해 레이저 다이오드의 발진 파장을 가변시킬 수 있다.
- <61> 한편, DFB 반도체 레이저 다이오드는 이득 영역 내에 도4a와 같은 일정한 피치(Λ)를 갖는 회절격자를 형성한 구조로서, 이러한 회절격자의 반사 스펙트럼은 도4b과 같이 브래그 파장(λ_B)에서 반사율이 큰 특성을 가진다.
- <62> 또한, 레이저 다이오드에서 공진을 발생시키는 영역의 양단에 무반사 코팅막을 형성하게 되면 반사는 회절 격자에서만 발생하고, 유효 반사율은 브래그 파장 근처에서 가장 높기 때문

에 브래그 파장 근처에서 발진하게 된다. 여기서 브래그 파장(λ_B)은 아래와 수학식1에 의해 구할 수 있다.

<63> 【수학식 1】 $\lambda_B = 2n_g \times \Lambda$

<64> 여기서 n_g 는 군굴절률이고, Λ 는 회절격자의 주기이다. 수학식1을 통해 DFB 레이저 다이오드의 발진 파장은 회절격자의 피치주기(Λ)에 의해서 결정됨을 알 수 있다.

<65> 한편, SG-DFB 레이저 다이오드는 도4a에 도시된 회절격자를 일정한 주기마다 형성시킨 추출격자를 이용하는 것이다. 공진기 내부의 회절 격자 구조가 도3와 같이 추출 격자(Sampled grating : SG) 형태로 되는 경우에는 반사 스펙트럼이 도1c와 같기 때문에 각각의 반사 피크 근처에서 발진가능하게 된다. 즉 다중 모드로 발진할 가능성이 있으며, 각 모드 간의 간격은 추출격자에 의해 생기는 반사 스펙트럼 피크간의 간격과 같으며, 아래의 수학식2로 구할 수 있다.

<66> 【수학식 2】 $\Delta \lambda = \lambda_B^2 / (2 n_g \times Z)$

<67> 여기서, n_g 는 군굴절률이며, Z 는 추출격자의 주기를 말한다. 이와 같이 구성된 SG-DFB 영역의 추출격자 사이에 위상제어 영역을 삽입하고, 외부에서 위상제어 영역으로 인가되는 전류량을 조절하게 되면 위상제어 영역의 굴절률이 변화되어 위상제어 영역을 통과하는 광파의 위상을 변화시킨다. 이러한 위상의 변화는 반사 피크를 이동시키는 역할을 수행하여 발진 모드를 이동시킬 수 있다.

<68> 이러한 위상제어 영역이 삽입된 SG-DFB 레이저 다이오드를 단일 모드로 발진하게 하기 위해서 본 발명에서는 추출 격자의 주기가 서로 다른 두개의 제1 SG-DFB 및 제2 SG-DFB 구조부

를 집적시킨 레이저 다이오드를 고안하였다. 고안한 레이저 다이오드의 추출격자 주기는 수십 μm 이상이므로 통상의 사진 전사 방법으로 조절이 가능하다.

- <69> 제1 SG-DFB 및 제2 SG-DFB 구조부에 형성된 제1 및 제2 추출격자(34a, 34b)의 회절격자(Λ) 주기는 동일하므로 종래의 제작 방법으로 제작이 가능하다.
- <70> 도5a는 도3에 도시된 레이저 다이오드에서 제1 영역과 제2 영역에서의 위상 제어영역(38a, 38b)의 굴절률 변화가 없었을 경우 각 영역에서의 반사스펙트럼을 나타내는 개념도이다.
- <71> 도5b는 도3에 도시된 레이저 다이오드에서 제1 영역과 제2 영역중 한쪽 영역에서의 위상 제어영역(38a, 38b)의 굴절률이 변화하였을 경우 각 영역에서의 반사 스펙트럼을 나타내는 개념도이다.
- <72> 도5c는 도3에 도시된 레이저 다이오드에서 제1 영역의 위상 제어영역(38a)과 제2 영역의 위상 제어영역(39b)의 굴절률을 같은 크기로 변화시켰을 경우 각 영역에서의 반사스펙트럼을 나타내는 개념도이다.
- <73> 계속해서 도3과, 도5a 내지 도5c를 참조하여 본 실시예에 따른 레이저 다이오드의 파장 가변 원리를 설명한다.
- <74> 도5a를 참조하여 살펴보면, 도3에 도시된 레이저 다이오드의 제1 SG-DFB 구조부와, 제2 SG-DFB 구조부의 회절격자(34a, 34b)의 주기(Λ)가 같고 추출격자의 주기(Z_0, Z'_0)가 서로 다르므로, 제1 SG-DFB 구조부와 제2 SG-DFB 구조부의 반사 피크가 브래그 파장(λ_B)에서만 일치한다. 즉 이런 상태로 동작시키면, 브래그 파장에서 유효 반사율이 가장 크므로 브래그 파장(λ_B)에서 레이저 다이오드는 단일 모드로 발진하게 된다.

- <75> 이어서 도5b를 참조하여 살펴보면, 제2 SG-DFB 구조부의 위상제어 영역에 흐르게 되는 전류량을 변화시켜 제2 SG-DFB 구조부에 구비되는 위상제어 영역(35b)의 굴절률을 변화 시켰을 경우 제2 SG-DFB 구조부의 반사 스펙트럼(발진 스펙트럼)이 이동하게 되어 제1 SG-DFB 구조부와 제2SG-DFB구조부에서 일치되는 반사 스펙트럼의 피크는 -1차 반사 피크에서 일치하게 된다.
- <76> 즉 일치되는 반사 피크의 파장의 변화에 따라 발진하는 파장도 바뀌게 되어 이상태에서 동작하게 되면 -1차 반사피크치를 가지는 파장의 레이저가 발진하게 된다.
- <77> 이 때 제2 SG-DFB 구조부의 위상제어 영역 굴절률을 계속 변화 시키면 일치되는 반사 피크는 계속 변화하게 되어 발진 파장도 이에 따라 변화하게 된다. 이러한 방식으로 한 영역의 위상제어 영역의 굴절률은 고정시키고, 다른 한 영역의 위상제어 영역의 굴절률을 변화시키면 본 실시예에 따른 레이저 다이오드의 발진 파장은 불연속적으로 가변하게 된다.
- <78> 가변되는 발진 파장의 간격은 굴절률의 변화가 없는 구조부(여기서는 제1 SG-DFB 구조부)의 반사 스펙트럼 피크간의 간격만큼 변화하게 된다. 굴절률은 제1 또는 제2 위상제어용 전극(38a, 38b)에서 n형 전극(39)로 흐르게 되는 전류량을 조절함으로서 변화하게 된다.
- <79> 계속해서 도5c를 참조하여 살펴보면, 제1 SG-DFB 구조부의 위상제어 영역(35a)과 제2 SG-DFB 구조부의 위상제어 영역(35b)에 흐르는 전류량을 변화시켜서 각 구조부의 굴절률을 동일한 크기로 변화시켰을 경우에는 두 구조부의 반사 스펙트럼은 동일하게 이동하게 된다.
- <80> 이에 따라 일치되는 반사 피크의 파장도 반사 스펙트럼의 이동만큼 변화하게 된다. 즉 각 구조부의 위상제어 영역(35a,35b)에 흐르는 전류량의 변화에 따라 발진하는 파장은 연속적으로 변화하게 된다.

- <81> 또한 한쪽 구조부의 위상제어 영역에 오프셋 전류를 인가시켜고, 이로 인하여 위상제어 영역의 굴절률을 변화시켜, 일치되는 파장을 변화시킨 후, 제1 SG-DFB 구조부의 위상제어 영역(35a)과 제2 SG-DFB 구조부의 위상제어 영역(35b)에 흐르는 전류량을 같은 크기로 변화시켜, 연속적인 파장 가변도 가능하다. 이 경우에는 두 구조부의 위상제어 영역(35a,35b)에 비대칭으로 전류가 흐르게 하여 브래그 파장 부근 이외의 다른 파장에서 연속적인 파장 가변이 가능하게 된다.
- <82> 예를 들어 먼저 제2 SG-DFB 구조의 위상제어용 전극(35b)을 통해 오프셋전류를 인가시켜 제2 SG-DFB 구조부의 위상제어영역(35b)의 굴절률을 변화시켜, -1차에서 제1 SG-DFB 구조부와 제2 SG-DFB 구조부의 반사스펙트럼을 일치시킨다.(도5b 참조) 이어서 제1 SG-DFB 구조부와 제2 SG-DFB 구조부의 위상제어영역에 흐르게 되는 전류량을 동일한 크기로 변화시키면 -1차부근에서 연속적인 파장이 가변되도록 할 수 있는 것이다.
- <83> 도6은 전산모의 실험을 통해 한쪽 구조부의 굴절률 변화시켰을 경우 발진 파장의 변화를 도시한 그래프이다. 도6은 본 발명에서 제시하고 있는 파장 가변 레이저 다이오드가 전술한 바와 같이 파장 가변 특성을 지니는 지를 확인하기 위해 연산자 분리 시영역 모델[Spilt-step time-domain model, B.-S. Kim; Y. Chung; J.-S. Lee, "An efficient split-step time-domain dynamic modeling of DFB/DBR laser diodes," IEEE J. of Quantum Electronics, Vol. 36, No. 7, pp. 787-794, Jul 2000.]을 이용하여서 전산 모의 실험을 한 결과를 보여주는 것이다. 상기 모델은 DFB/DBR 레이저 다이오드를 해석하는 효과적인 모델로 알려져 있다.
- <84> 도6에 도시된 그래프는 제1 영역과 제2 영역의 추출격자(34a,34b) 주기를 각각 202.5mm, 192mm로 가정 하였고 각 영역에서의 추출격자 개수를 3으로 하여 전체 소자의 길이를 1183.5mm로 가정했을 때의 결과를 보여주는 것이다.

- <85> 도6을 참조하여 살펴보면, 제2 SG-DFB 구조부의 위상제어영역(38b)에 흘려주는 전류량에 의해서 제2 SG-DFB 구조부의 위상제어영역(38b)의 굴절률이 변화함에 따라 발진파장은 200GHz(1.6nm)만큼 간격을 두고 발진하고 있음을 볼 수 있는데 이것은 수학식2에 의해 제1 영역의 반사 피크 간격과 같음을 확인할 수 있다. 이와 같은 결과를 토대로 본 발명이 제시 하는 SG-DFB 레이저 다이오드의 구조가 잘 동작하리라는 것을 예측할 수 있다.
- <86> 또한, 이와 더불어 본 발명에 의해 제안된 파장 가변 SG-DFB 레이저 다이오드에 필요에 따라 광 변조기 (Optical modulator)나 광 증폭기(Semiconductor optical amplifier)를 집적시켜 하나의 반도체 기판에 구현할 수 있다. 즉 제안된 SG-DFB 레이저 다이오드의 출력 부분에 전계 흡수(Electro-absorber) 영역을 집적하여 신호를 인가시킴으로써 주파수 처핑(Frequency chirping)에 대한 영향을 최소화 하여 장거리 통신용 광원으로 사용할 수 있다. 또한 광 증폭기가 같이 집적되어 고 출력의 광통신 소자로 사용될 수 있다.
- <87> 도7은 도3에 도시된 SG-DFB 레이저 다이오드의 입체도면이다. 도7에서 사용된 도면부호의 구성요소는 도3의 도면부호가 지칭하는 구성요소와 동일하며, 도면부호 '40'은 n형 InP 전류차단층이고, '41'은 p형 InP 전류차단층을 나타내는 것이다.
- <88> 도8은 본 발명의 바람직한 제2 실시예에 따른 SG-DFB 레이저 다이오드를 나타내는 단면도이다.
- <89> 도8에 도시된 SG-DFB 레이저 다이오드는 전체적인 구성은 제1 SG-DFB 및 제2 SG-DFB 구조부의 회절격자 주기(Z_1 , Z'_1)를 서로 다르게 형성하여 제1 SG-DFB의 브래그 파장과 제2 SG-DFB의 브래그 파장을 다르게 형성한 것이다. 도8에 도시된 SG-DFB 레이저 다이오드의 동작 원리는 도3에 도시된 SG-DFB 레이저 다이오드와 같으므로 그 동작은 생략한다.

<90> 이상에서 설명한 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것이 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 명백할 것이다.

【발명의 효과】

<91> 본 발명의 SG-DFB 레이저 다이오드는 이득 영역에서 생성된 광파를 손실 없이 직접 광섬유에 연결시킬 수 있는 구조로써 종래의 파장가변을 위해 이득영역 양단에 브래그 반사단을 둔 파장가변 레이저에 비해 높은 출력 광 효율을 지닌다.

<92> 또한 본 발명의 SG-DFB 레이저 다이오드는 각 영역의 위상제어 영역의 전류 변화에 의해 연속적/불연속적인 파장 가변이 가능하므로 종래의 파장 가변 레이저 다이오드에 비해 간단한 회로구성으로 광대역의 파장을 제어 할 수 있다.

<93> 또한 종래의 파장 가변 레이저 다이오드의 공정과정으로 제작이 가능하므로 새로운 설비의 재투자 없이 제작이 가능하다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

인접하는 제1 이득영역과 제2 이득영역을 구비하는 추출격자 분포궤환 파장가변 레이저 다이오드에 있어서,

상기 제1 이득영역에 제1 주기를 가지는 제1 추출격자가 형성되고, 상기 제1 추출격자 사이에 제1 위상제어 영역이 형성된 제1 SG-DFB 구조부; 및

상기 제2 이득영역에 제2 주기를 가지는 제2 추출격자가 형성되고 상기 제2 추출격자 사이에 제2 위상제어 영역이 형성된 제2 SG-DFB 구조부를 구비하며,

상기 제1 및 제2 위상제어 영역의 굴절률 변화에 따라 발진하는 레이저의 파장이 가변되는 추출격자 분포궤환 레이저 다이오드.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서,

상기 제1 추출격자와 상기 제2 추출격자를 형성하는 각각의 회절격자의 주기는 서로 동일한 것을 특징으로 하는 추출격자 분포궤환 레이저 다이오드

【청구항 3】

제 1 항에 있어서,

상기 제1 위상제어영역과 상기 제2 위상제어영역의 굴절률 변화는 상기 제1 위상제어영역과 상기 제2 위상제어영역에 각각 인가되는 전류량을 변화시킴으로써 이루어지는 것을 특징

으로 하는 추출격자 분포궤환 레이저 다이오드.

【청구항 4】

제 1 항에 있어서,

상기 제1 위상제어영역 또는 상기 제2 위상제어영역의 굴절률을 변화시킴으로서, 상기 발진하는 레이저의 파장이 불연속적으로 가변되도록 하는 것을 특징으로 하는 추출격자 분포궤환 레이저 다이오드.

【청구항 5】

제 1 항에 있어서,

상기 제1 위상제어영역 및 상기 제2 위상제어영역의 굴절률을 동일한 크기로 변화시켜, 상기 발진하는 레이저의 파장이 연속적으로 가변되도록 하는 것을 특징으로 하는 추출격자 분포궤환 레이저 다이오드.

【청구항 6】

제 1 항의 추출격자 분포궤환 레이저 다이오드에 광 변조기 또는 광 증폭기가 함께 집적되는 광통신소자.

【청구항 7】

서로 인접한 제1 영역과 제2 영역을 가지는 기판;

상기 기관상의 상기 제1 영역과 상기 제2 영역에 형성된 도파로층;

상기 도파로층 내부에 형성되며, 복수의 위상제어영역을 두기 위해 소정 간격마다 구비된 다중 양자 우물 활성층;

제1 주기를 가지며 상기 위상제어영역이 추출격자 사이에 형성된 제1 추출격자 영역;

제 2 주기를 가지며 상기 위상제어영역이 추출격자 사이에 형성된 제2 추출격자 영역;

상기 도파로층상에 구비된 클래드층;

상기 제1 영역의 상기 클래드층 상에 형성되며, 상기 제1 영역의 위상제어영역에 전류를 제공하기 위한 제1 위상제어용 전극;

상기 제2 영역의 상기 클래드층 상에 형성되며, 상기 제2 영역의 위상제어영역에 전류를 제공하기 위한 제2 위상제어용 전극;

상기 제1 영역의 상기 클래드층 상에 형성되며, 상기 제1 영역의 위상제어영역 이외의 도파로층에 전류를 제공하기 위한 제1 이득영역용 전극; 및

상기 제2 영역의 상기 클래드층 상에 형성되며, 상기 제2 영역의 위상제어영역 이외의 도파로층에 전류를 제공하기 위한 제2 이득영역용 전극을 구비하여,

발진하는 레이저의 파장을 가변할 수 있는 추출격자 분포궤환 레이저 다이오드.

【청구항 8】

제 7 항에 있어서,

상기 제1 추출격자의 주기와 상기 제2 추출격자의 주기는 서로 다르게 구성되고, 상기 제1 및 제2 추출격자에 의한 회절격자 주기는 동일하게 구성된 것을 특징으로 하는 추출격자

분포궤환 반도체 레이저.

【청구항 9】

제 7 항에 있어서,

상기 기판은 n형 InP 기판이고, 상기 도파로층 등은 InGaAsP계열로 이루어지며, 상기 클래드층은 p형 InP인 것을 특징으로 하는 추출격자 분포궤환 레이저 다이오드.

【청구항 10】

제 7 항에 있어서,

상기 제1 영역의 위상제어영역 또는 상기 제2 영역의 위상제어영역의 굴절률을 변화시킴으로서, 상기 발진하는 레이저의 파장이 불연속적으로 가변되도록 하는 것을 특징으로 하는 추출격자 분포궤환 레이저 다이오드.

【청구항 11】

제 7 항에 있어서,

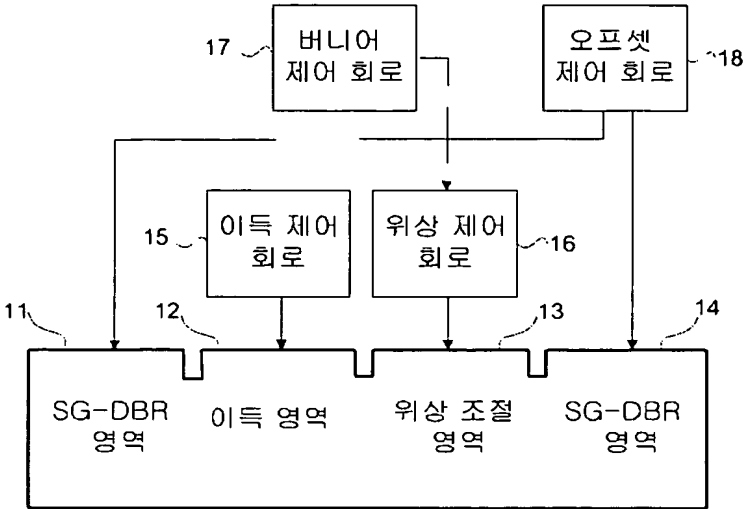
상기 제1 영역의 위상제어영역 및 상기 제2 영역의 위상제어영역의 굴절률을 동일한 크기로 동시에 변화시킴으로서, 상기 발진하는 레이저의 파장이 연속적으로 가변되도록 하는 것을 특징으로 하는 추출격자 분포궤환 레이저 다이오드.

【청구항 12】

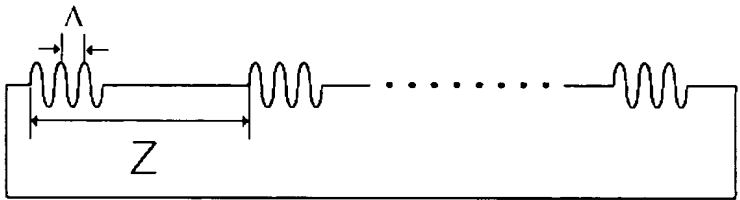
제 7 항의 추출격자 분포궤환 레이저 다이오드에 광 변조기 또는 광 증폭기가 함께 집적되는 광통신소자.

【도면】

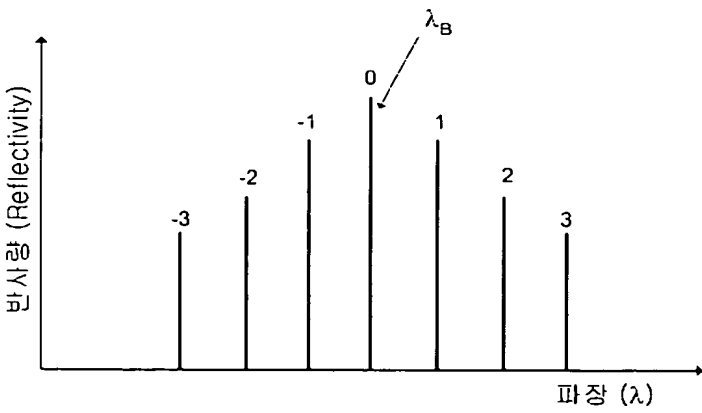
【도 1】



【도 1b】

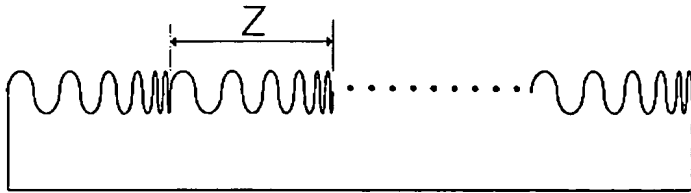


【도 1c】

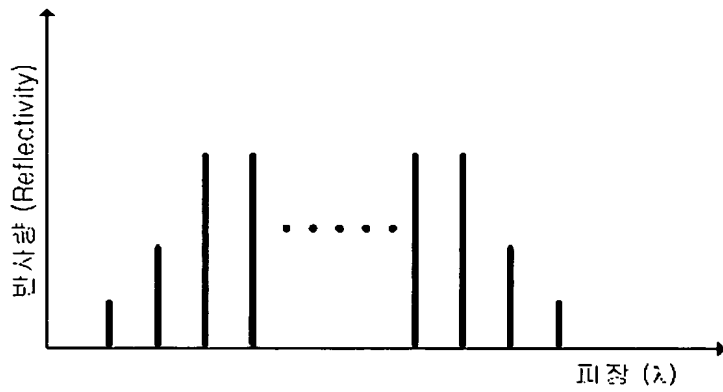


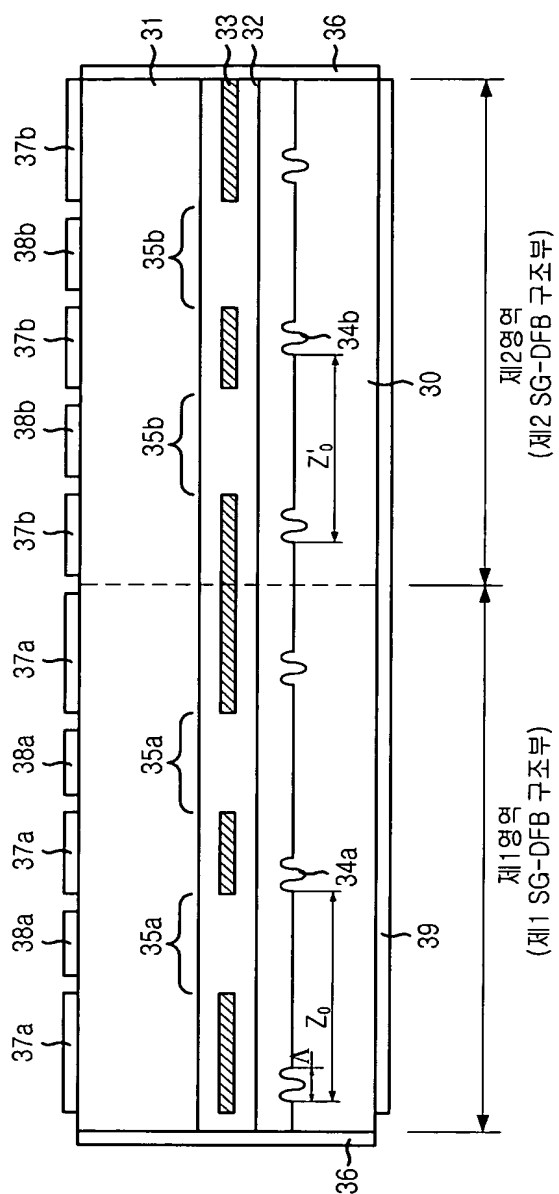


【도 2a】

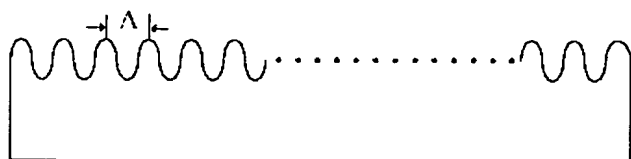


【도 2b】



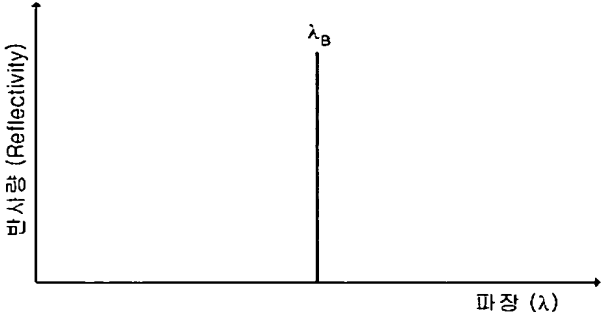


【도 4a】

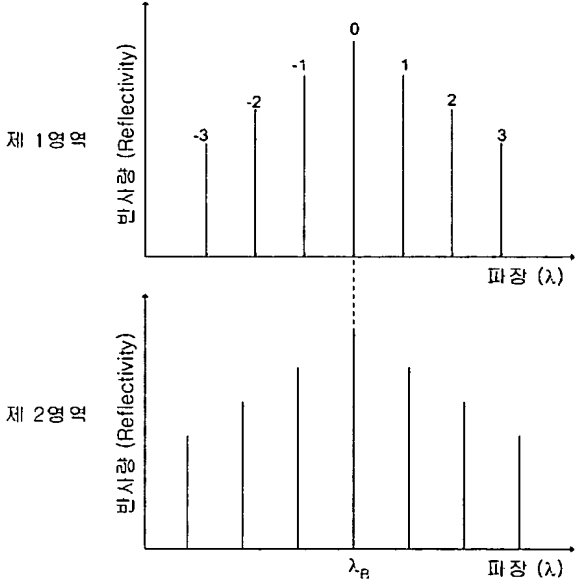




【도 4b】



【도 5a】

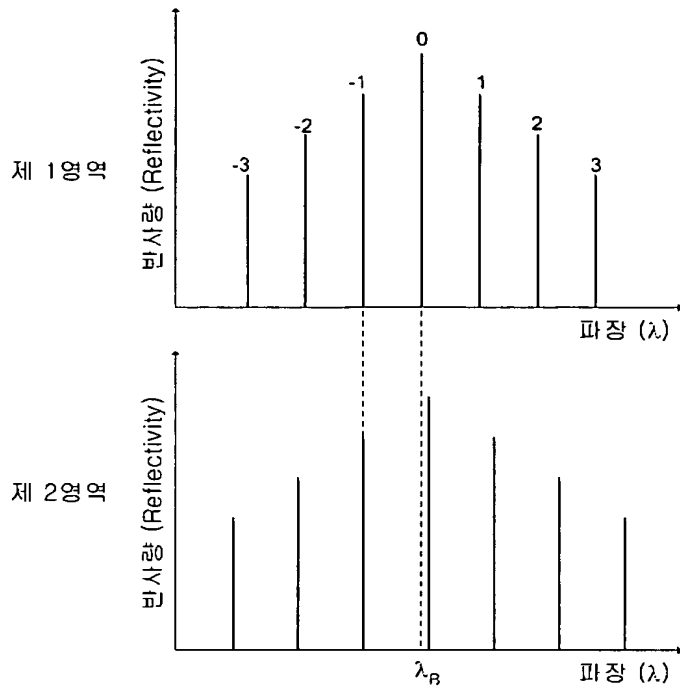




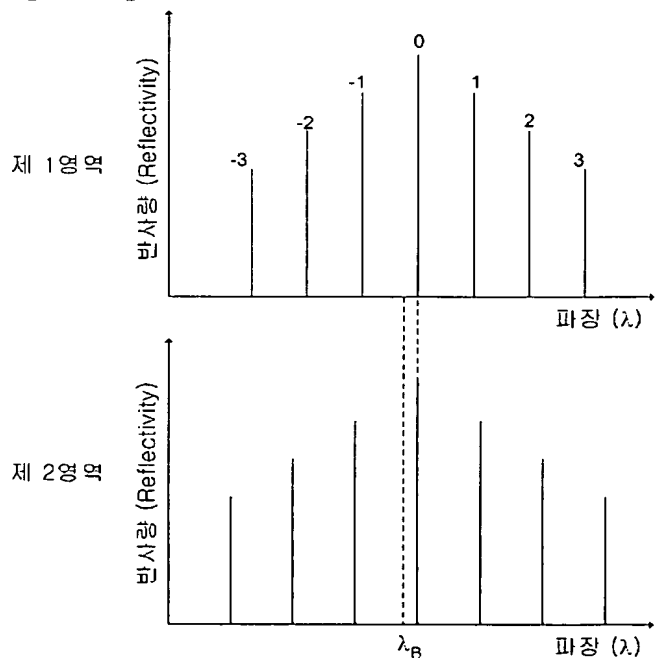
00030030777

출력 일자: 2003/10/23

【도 5b】

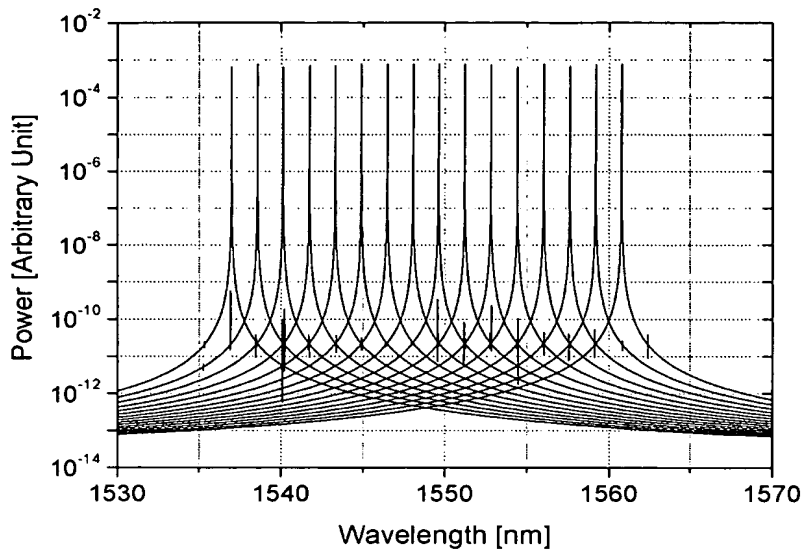


【도 5c】

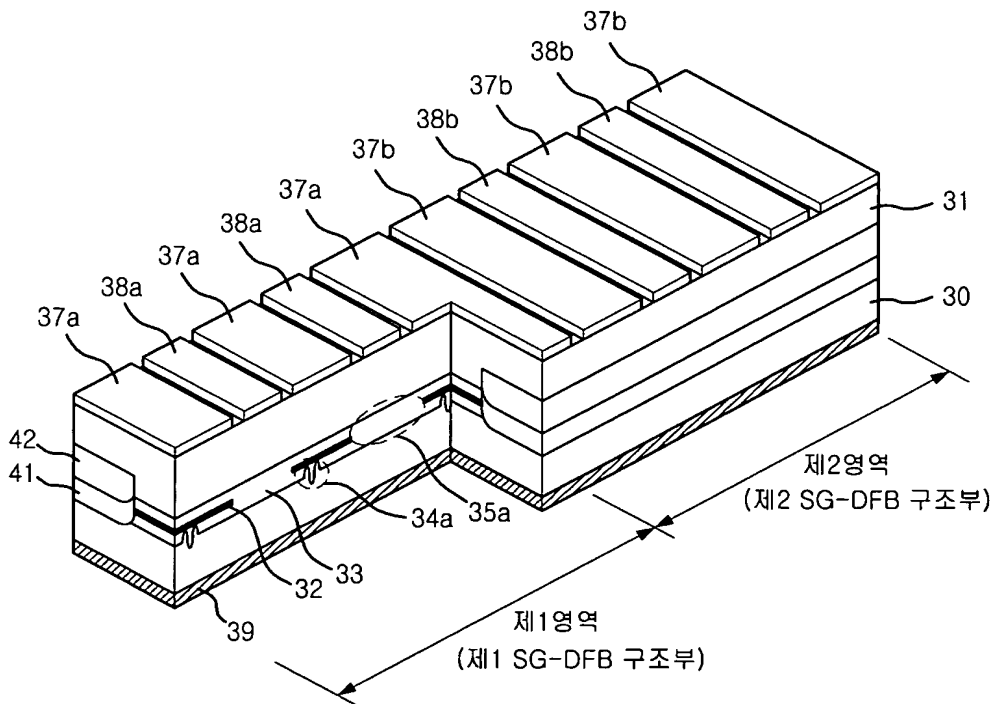




【도 6】



【도 7】





1020030030777

출력 일자: 2003/10/23

【도 8】

